

# ПРИКЛАДНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 330.322 + 005.8

**Л.А. Баев<sup>1</sup>***Южно-Уральский государственный университет,  
г. Челябинск, Россия***О.В. Егорова<sup>2</sup>***Южно-Уральский государственный университет,  
г. Челябинск, Россия*

## МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА БАЗЕ ТЕОРИИ РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ И МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

**Аннотация.** Статья посвящена разработке метода оценки и управления эффективностью инвестиционных проектов в условиях высокой степени неопределенности. Обозначена ограниченность традиционных методов оценки эффективности инвестиционных проектов и предложен более актуальный подход на основе применения теории реальных опционов, который позволяет оценить проект с учетом его многовариантности и возможности принятия решений на каждом этапе его развития. В статье показано, что, несмотря на высокую актуальность теории реальных опционов, ее практическое использование весьма затруднительно по ряду причин. Основной проблемой в отношении оценки стоимости реальных опционов является необходимость использования в расчетах достаточного количества априорных статистических данных относительно проекта, что на практике является труднореализуемой задачей. Авторами предложен метод, в рамках которого вероятностные характеристики модели проекта заменяются корректными экспертными оценками, названный модифицированным ROV-методом (MROV). За основу данного метода взята биномиальная модель оценки стоимости реального опциона, основанная на построении дерева решений, в каждом узле которого возможно развитие проекта по оптимистическому или пессимистическому прогнозу. Поскольку развитие проекта по какому-либо сценарию зависит от ряда критериев среды, то задача оценки стоимости реального опциона становится многокритериальной задачей. Одним из наиболее обоснованных и практически адекватных методов решения подобных задач является метод анализа иерархий, который и положен в основу разрабатываемого MROV-метода. Также в статье подробно описан алгоритм реализации данного метода для определения количественных оценок относительных вероятностей развития проекта по «оптимистическому» или «пессимистическому» сценарию в каждом узле биномиального дерева решений. Полученные оценки в последующем используются в качестве весов при расчете чистой приведенной стоимости вариативного опционального инвестиционного проекта для принятия решения о целесообразности его реализации и включении в проект, оцениваемых реальных опционов.

**Ключевые слова:** инвестиции; неопределенность; реальные опционы; управление; эффективность; многокритериальность; вероятность.

### Актуальность темы исследования

Актуальность темы исследования определяется необходимостью развития методов оценки и управления эффективностью инвестиционных проектов как многоэтапных процессов с высоким уровнем разнообразия и неопределенности.

В последние годы все большее распространение получает подход к оценке инве-

<sup>1</sup> Баев Леонид Александрович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и управления проектами Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета), г. Челябинск, Россия (454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76); e-mail: baevla@mail.ru.

стиционных проектов на основе применения теории реальных опционов, который позволяет оценить проект с учетом различных вариантов пошагового развития.

Методология оценки реальных опционов находится на этапе бурного роста [1–8, 11]. Все большее количество компаний применяет ее для формирования стратегии своего развития. Идея подхода заключается в том, что неопределенность условий реализации проектов содержит в себе не только риски, но и возможности, которые нужно учитывать на этапе планирования проектов, закладывая в проект необходимые условия их реализации, т. е. реальный опцион [9, 10]. При этом для принятия соответствующего решения необходима стоимостная оценка опциона [12–15].

Несмотря на высокую актуальность теории реальных опционов и потенциальную возможность развития на ее базе нового направления априорного адаптивного управления эффективностью инвестиционных проектов, практическое использование идей этой теории весьма затруднительно по следующим причинам:

1. Методология реальных опционов базируется на теории опционов финансовых, практическая оценка стоимости которых гораздо проще, в силу наличия достаточно репрезентативной априорной статистической информации о поведении и характеристиках финансового рынка. Для реальных опционов такая информация в принципе отсутствует.

2. Реальные инвестиционные проекты отличаются значительно большей неопределенностью и разнообразием, что делает прямое использование для них статистиче-

ских методов и моделей оценки стоимости финансовых опционов бесперспективным с точки зрения получения сколько-нибудь достоверных практических результатов.

Все вышесказанное обуславливает актуальность и научную целесообразность разработки методов, моделей и методик практически адекватной реализации идеи реальных опционов для оценки и гибкого адаптивного управления эффективностью инвестиционных проектов.

Задача данного исследования заключается в разработке практически применимого метода использования концептуальных основ теории реальных опционов пригодного для адекватного адаптивного управления эффективностью инвестиционных проектов.

### **Степень проработанности проблемы**

Вопросами применения теории реальных опционов в оценке эффективности инвестиционных проектов занимались такие известные зарубежные авторы, как Р. Брейли, С. Майерс, Ю. Бригхем, Л. Гапенски, Т. Коупленд, А. Дамодоран, Л. Тригеоргис и др. Отечественные авторы, в частности А.В. Бухвалов, М.А. Лимитовский, Н. Брусланова и др., также сделали значимый вклад в разработку этих вопросов. Существенный вклад в развитие проблемы оценки экономической эффективности инновационно-инвестиционных проектов методом реальных опционов внесли представители уральской экономической школы И.А. Баев, Д.Б. Алябушев и др.

Тем не менее вопрос конструктивной применимости теории опционов в оценке эффективности инвестиционных проектов по-прежнему остается неоднозначным.

### **Анализ существующих подходов к оценке эффективности инвестиционных проектов**

Анализ и оценка эффективности инвестиционных проектов — одна из самых сложных задач в сфере экономики и управ-

<sup>2</sup> Егорова Ольга Вячеславовна — старший преподаватель кафедры экономики и управления проектами, Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета), г. Челябинск, Россия (454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76); e-mail: ove.07@mail.ru.

ления. Сложность обоснования и отбора инвестиционных проектов на современном этапе состоит в значительной степени неопределенности условий, в которых осуществляются проекты. Поскольку, с одной стороны, необходимо предвидеть будущее, а с другой – все показатели эффективности проектов рассчитываются исходя из жесткого сценария реализации проекта и не учитывают возможные изменения.

В условиях высокой неопределенности обычные показатели оценки эффективности инвестиционных проектов (такие как, чистая приведенная стоимость, индекс доходности, внутренняя норма рентабельности и другие) теряют свою надежность, поскольку становятся неопределенными.

В целях минимизации нежелательных отклонений реальных результатов проекта от плановых используются различные методы априорного анализа проектов. Наибольшую известность среди таких методов получили метод анализа безубыточности, метод анализа чувствительности, сценарное моделирование, метод Монте-Карло [18–20]. Эти методы обладают одним общим существенным недостатком – они рассматривают проект как одноэтапный процесс с разовым априорным решением о целесообразности и возможных результатах его реализации. Однако реально любой проект – это многоэтапный процесс. Каждый из проектов может быть реализован различными путями. А при удачном стечении обстоятельств перед руководством могут открыться потенциальные возможности, которые значительно увеличат отдачу от проекта. Именно на реализацию этого принципа нацелен метод дерева решений. Но, рассматривая возможные траектории развития и обеспечивая получение дополнительной информации о проекте как о многоэтапном процессе, метод дерева решений не нацелен на априорный синтез и обеспечение возможностей реализации до-

полнительных управляющих воздействий, нацеленных на повышение эффективности и снижение рисков проекта.

Проведенный анализ позволил выделить ряд ситуаций, в которых традиционные методы анализа и оценки инвестиционных проектов проявляют свою ограниченность, главными из которых являются:

1. Неопределенность – изменчивость среды, требующая управленческой гибкости, а следовательно, возможности в априорной адаптации.
2. Апостериорное принятие корректирующих решений на основе актуализации реализуемого проекта и исключение возможностей априорной подготовки к использованию потенциальных возможностей.

На компенсацию указанных недостатков направлен метод реальных опционов (ROV – real option valuation).

Возможности присущие инвестиционному проекту или специально встраиваемые в него являются реальными опционами. Теория реальных опционов ориентирована на априорное формирование возможностей повышения эффективности инвестиционных проектов.

Применение теории реальных опционов в оценке и управлении инвестиционными проектами, с одной стороны, дает возможность принятия управленческих решений на каждом этапе развития проекта, в зависимости от условий внешней среды. С другой стороны, важным моментом является то, что эти решения могут и должны быть приняты еще на этапе планирования и в зависимости от условий среды позволят в будущем:

- при благоприятном стечении обстоятельств усилить эффект от проекта за счет грамотного использования приобретенных ранее возможностей;
- либо при неблагоприятных условиях снизить риски потерь путем

отказа от продолжения проекта, отсрочки начала реализации или сокращения проекта с минимальными потерями для участников.

Однако, несмотря на высокую актуальность теории реальных опционов и потенциальную возможность развития на ее базе нового направления априорного адаптивного управления эффективностью инвестиционных проектов, практическое использование идей этой теории весьма затруднительно ввиду отсутствия адекватного метода количественной оценки стоимости реальных опционов.

### **Существующие подходы к оценке стоимости опционов и возможности их применения**

Несмотря на то, что теория реальных опционов возникла благодаря развитию теории финансовых опционов и во всем опирается на нее, полной аналогии между этими видами опционов нет. На основе анализа имеющихся в настоящее время публикаций по теории опционов можно сделать вывод, что под реальными опционами следует понимать:

- во-первых, активы, приобретаемые в стратегических целях;
- во-вторых, возможности, которые возникают у менеджеров в ходе реализации инвестиционных проектов.

Проводя аналогию с финансовым опционом, можно сказать, что реальный опцион-актив – это возможность покупки или продажи реального актива. Покупаемый актив может не создавать денежных потоков сейчас, но приобретение прав на использование этого актива может быть ценным по причине опционных характеристик. А реальные опционы-возможности определяются как объективно существующие процессы, «гибкость», встроенная в проект. Причем эту гибкость необходимо не только использовать, но и специально создавать.

Существующие подходы к оценке стоимости реальных опционов исходят из посылки единства теоретической и методологической базы реальных и финансовых опционов [3, 7, 16, 17]. Финансовый опцион – возможность покупки или продажи финансового актива в случае спрогнозированных заранее изменений его будущей стоимости. Реальный опцион – возможность коррекции денежных потоков проекта в случае спрогнозированных заранее изменений условий его реализации.

Поскольку методологически финансовые и реальные опционы подобны, то технологически для оценки реальных опционов могут быть использованы существующие традиционные подходы оценки стоимости опционов, основанные на теории финансовых опционов [3, 12, 16]. Это становится теоретически возможным только для «простых» опционов, для которых характерен один источник неопределенности, и в их основе лежит базовый актив. Однако в связи с разнообразием реальных опционов для их оценки требуется разработка большего количества специальных методов и методик. Кроме того, применение традиционных моделей оценки стоимости финансовых опционов на практике сопряжено с большим количеством сложностей, связанных с определением вероятностных характеристик проекта, что делает их труднореализуемыми.

В настоящее время авторам статьи неизвестны практически реализуемые корректные методы оценки даже «простых» реальных опционов, имеющих прямые формальные аналоги в классе опционов финансовых.

Рассмотрим наиболее распространенные модели оценки стоимости финансовых опционов: модель Блэка – Шоулза и биномиальная модель Кокса – Росса – Рубинштейна.

Исходная модель Блэка – Шоулза предназначена для расчета стоимости финансо-

вого call-опциона европейского типа при большом числе возможных стоимостей актива. В соответствии с моделью Блэка – Шоулза стоимость опциона может быть рассчитана в соответствии с формулой (1):

$$C_{\text{евр}}^{\text{call}} = S \cdot N(d_1) - Xe^{-rT} \cdot N(d_2), \quad (1)$$

где  $C_{\text{евр}}^{\text{call}}$  – стоимость европейского call-опциона;

$S$  – цена базисного актива в момент покупки опциона;

$X$  – цена исполнения (фиксированная в договоре цена базового актива);

$r$  – непрерывно начисляемая ставка без риска;

$e$  – основание натурального логарифма;

$T$  – срок истечения опциона;

$N(d_1)$  – функция нормального распределения, которую можно рассматривать как риск-нейтральную вероятность того, что опцион принесет выигрыш;

$N(d_2)$  – функция нормального распределения, которая рассматривается как вероятность того, что опцион будет исполнен.

$d_1$  и  $d_2$  вычисляются во формулам (2) и (3) соответственно:

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + rT}{\sigma\sqrt{T}} + \frac{1}{2}\sigma\sqrt{T}; \quad (2)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}. \quad (3)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение доходности актива.

По аналогии с финансовым опционом можно легко определиться с данными, составляющими основу формулы Блэка – Шоулза, в случае реальных опционов (табл. 1).

В 1973 г. Р. Мертоном была доработана формула Блэка – Шоулза, после чего область ее применения расширилась и стала распространяться на оценку европейских call-опционов, по базовому активу которых выплачиваются дивиденды (формула (4)).

Таблица 1

Сопоставление характеристик финансового и реального опционов, составляющих основу формулы Блэка – Шоулза

Составляющая формулы Блэка – Шоулза	Финансовый опцион	Реальный опцион
Стоимость базового актива	Рыночная цена акции	Дисконтированная стоимость ожидаемых приростных поступлений от проекта за счет реализации опциона
Цена исполнения	Фиксированная цена акции	Дисконтированная стоимость затрат по приобретению и реализации опциона
Дисперсия	Волатильность акции	Волатильность стоимости базового актива
Срок истечения опциона	Заранее оговоренная дата	Срок действия преимущественного права предприятия на проведение опциональной коррекции инвестиционного проекта
Процентная ставка	Безрисковая процентная ставка	Доходность безрисковых альтернативных инвестиций

Этой модели также присущи некоторые ограничения, на преодоление которых направлены последующие модификации.

$$C_{\text{евр}}^{\text{call}} = Se^{-dT} \cdot N(d_1) - Xe^{-rT} \cdot N(d_2). \quad (4)$$

На рис. 1 представлен разработанный авторами алгоритм отбора моделей оценки стоимости реальных опционов с учетом существующих ограничений и проблем, связанных с их применением.

На рис. 1 видно, что известные преобразования методов оценки не снимают основной проблемы в необходимости использования в расчетах достаточного количества априорных статистических данных относительно проекта.

Кроме того, анализ показывает, что модель Блэка – Шоулза и ее модификации даже в чисто теоретическом случае известности стохастических характеристик переменных проекта будет корректна для очень узкого класса опциональных проектов, т. к. модель изначально разработана для оценки стоимости европейских call-опционов, т. е. опционов, предоставляющих право на приобретение базового актива в строго оговоренную дату, в то время как реальные опционы в большинстве своем являются американскими опционами с возможностью исполнения в пределах некоторого периода времени.

Биномиальная же модель обеспечивает гораздо более высокую гибкость [18–20].

Техника построения биномиальной модели (дерева решений) является более громоздкой, чем метод Блэка – Шоулза, но позволяет получить более точные результаты, когда существует несколько источников неопределенности или большое количество дат принятия решения.

Весь период действия опциона разбивается на ряд интервалов времени, в течение каждого из которых стоимость базового ак-

тива может пойти вверх с вероятностью  $p$  или вниз с вероятностью  $(1 - p)$ . Наиболее существенной проблемой биномиальной модели является необходимость проведения оценки последствий решений в каждом узле биномиального дерева решений и определения величин вероятностей движения стоимости базового актива вверх или вниз.

В результате всего вышесказанного, в научной среде возникает множество споров по поводу применения описанных моделей в оценке стоимости реальных опционов, поскольку изначально они разрабатывались для оценки финансовых опционов. Основным недостатком этих моделей в отношении оценки стоимости реальных опционов является то, что их применение требует наличия априорной стохастической информации, которая необходима для определения вероятностных характеристик используемых в моделях. Однако каждый инвестиционный проект индивидуален по своей сути и содержанию, а следовательно, получение каких-либо достоверных априорных статистических данных в случае реальных опционов практически нереально.

### Результаты исследований

Несмотря на все модификации и усложнения существующих моделей оценки стоимости финансовых опционов, недостаток потребности в априорных стохастических характеристик переменных проекта в классической форме неустраним.

В связи со сложностью получения классических вероятностных характеристик относительно планируемых инвестиционных проектов возникает необходимость перехода или как минимум дополнения вероятностных оценок экспертными и разработки методов корректной, практически реализуемой оценки стоимости реальных опционов.

Метод ROV, где вероятностные характеристики модели проекта уточняются, определяются или заменяются корректными



экспертными оценками, автором назван модифицированным ROV-методом (MROV – modified real option valuation). Разработка MROV метода необходима для реального, адекватного практического использования

идеи реальных опционов в оценке и управлении инвестиционными проектами.

В результате анализа методов оценки и управления инвестиционными проектами с точки зрения возможности их практиче-

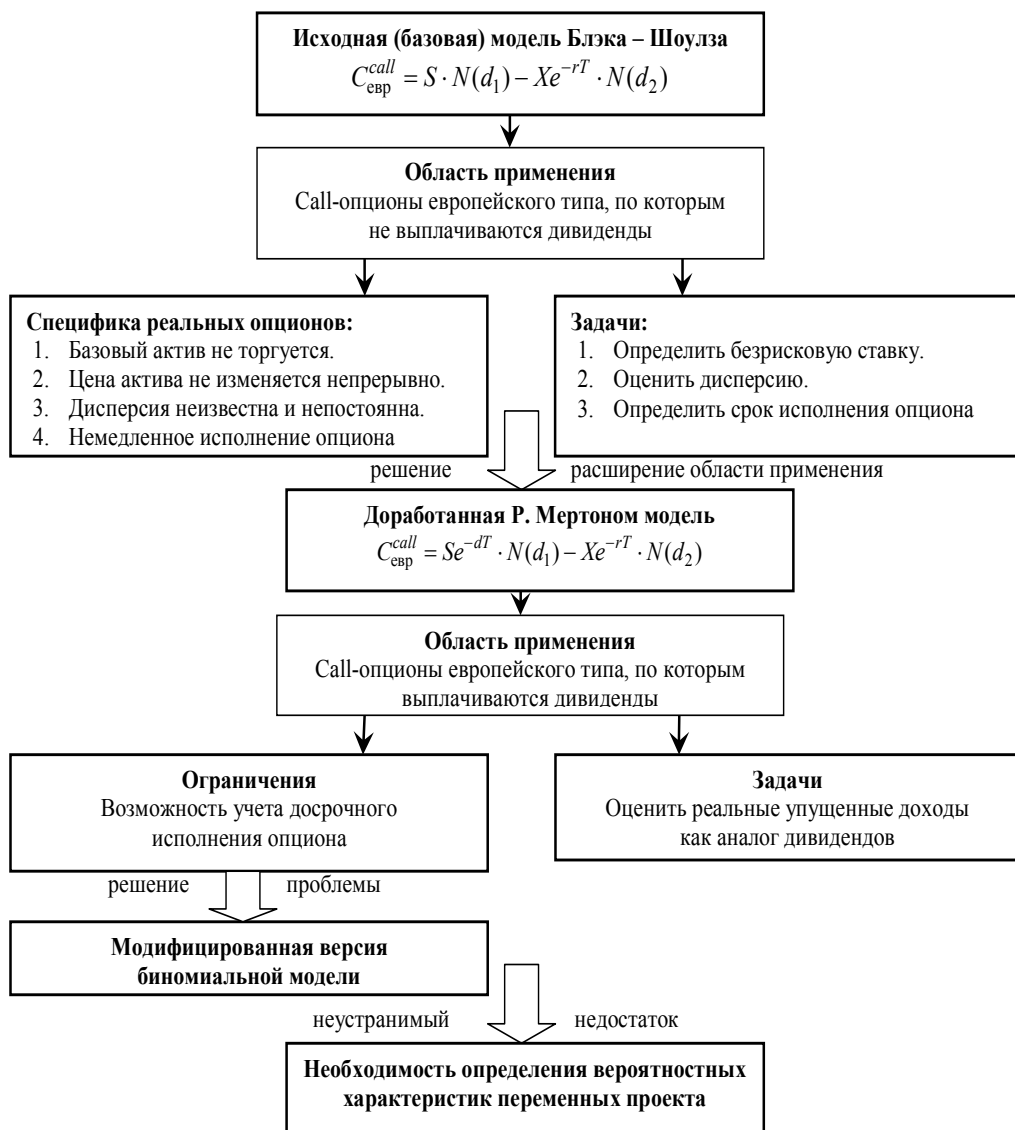


Рис. 1. Алгоритм отбора методов оценки стоимости реальных опционов

ского применения с учетом существующих проблем, была составлена управленческая классификация этих методов, представленная в табл. 2.

По мнению авторов, отмеченное принципиальное ограничение традиционных методов может быть устранено следующим образом:

1. Акцентированием известного постулата о том, что целью анализа и синтеза инвестиционных проектов является не точный расчет оптимальных параметров и максимизация известных критериев эффективности, а выбор наиболее рациональных условий и траектории реализации проекта;

2. Использования корректного метода экспертной оценки сравнительной вероятности положительного или отрицательного результата исхода предшествующего управ-

ленческого решения в узле вероятностного разделения дерева решений.

При этом вопрос оценки реального опциона сводится не столько к тому, сколько конкретно денег мы на нем заработаем, сколько к тому, стоит ли использовать его с позиций реальной возможности получить дополнительное положительное сальдо приведенных денежных потоков в принципе. Для ответа на этот вопрос вполне достаточно корректного рассмотрения альтернатив – оптимистической и пессимистической. То есть задача управленческой оценки стоимости реальных опционов сводится к оценке сравнительной вероятности исходов биномиального опциона. Именно поэтому биномиальная модель оценки стоимости реального опциона взята за основу MROV-метода и определены возможности ее практического применения.

Таблица 2

Сравнительная характеристика методов оценки и управления инвестиционными проектами

Характеристика метода		Возможность априорного адаптивного управления			
		Отсутствует		Есть	
		Требует априорной стохастической информации			
		Да	Нет	Да	Нет
Возможность поэтапного принятия управленческих решений	Отсутствует	Метод Монте-Карло	Метод анализа чувствительности, безубыточности		
	Есть	Метод дерева решений		Традиционный ROV-метод	Модифицированный ROV-метод



Биномиальная модель оценки стоимости реальных опционов основана на построении дерева решений, в каждом узле которого возможно два варианта событий: развитие проекта по оптимистическому или пессимистическому прогнозу развития опционального инвестиционного проекта. Причем степень оптимистичности и пессимистичности прогнозов определяется проект-менеджерами предприятия, реализующего проект. Абсолютная вероятность реализации каждого из конкретных прогнозов будет равна нулю, поэтому сравнительная оценка вероятностей может быть корректна лишь в смысле ответа на вопрос, насколько более вероятна оптимистическая ситуация относительно пессимистической или наоборот.

Развитие проекта по какому-либо из прогнозов зависит от ряда критериев среды, в которой осуществляется проект. Таким образом, задача оценки стоимости реального опциона становится многокритериальной задачей, которая может быть решена одним из методов проведения экспертной оценки, специально разработанных для такого рода задач. Суть этих методов сводится к построению иерархической структуры, которая позволяет дезагрегировать общую проблему на частные задачи.

Одним из наиболее обоснованных и практически адекватных методов решения подобных задач является метод анализа иерархий (МАИ).

Метод анализа иерархий является систематической процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть любой проблемы. Метод должен помогать справляться с ситуациями, в которых многим людям трудно сравнить все возможные абстрактные альтернативы и учесть их влияние на конкретные ситуации. Метод анализа иерархий и другие подобные методы позволяют отвлечься от предрассудков и априорных оценок и сосредоточиться на

попарном сравнении конкретных возможностей и обстоятельств, что часто делается более объективно и непредвзято [21, 22].

Метод анализа иерархий предлагает разбить глобальную проблему на ряд подзадач, допускающих однотипные альтернативы и дальнейшую обработку последовательно суждений лиц, принимающих решения, по парным сравнениям. Эти суждения затем выражаются численно. МАИ включает процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений. Полученные таким образом сравнительные оценки являются оценками в шкале отношений и соответствуют так называемым жестким оценкам, т. е. количественным оценкам.

Математический аппарат МАИ предназначен для решения различных практических многокритериальных оптимизационных задач. Построение аналитической иерархии так же, как и структурирование проблемы любым другим методом, требует существенных знаний о самом опциональном проекте.

К сильным сторонам МАИ можно отнести то, что при определении иерархии обычно важную роль также играют знания лиц, производящих суждения для парных сравнений. При этом относительный характер таких сравнений и алгоритм синтеза множественных суждений, используемых в МАИ, значительно облегчают работу экспертов и повышают объективность принимаемых ими решений по сравнению с традиционными методами экспертных оценок, поскольку не требуют использования в явном виде процедуры назначения весов каждому из локальных критериев.

МАИ основан на следующих аксиомах: парных сравнений, обоснованной шкалы для перевода суждений в числа с помощью парных сравнений и обратносимметричных отношений, и на аксиоме ожиданий,

которая отражает соответствие заложенных в иерархию элементов ожидаемым результатам. Из этих аксиом получено несколько теорем, которые превращают МАИ в математически обоснованный подход для получения шкал отношений при решении сложных проблем и принятия тех или иных решений.

Метод анализа иерархий переносит акценты от субъективных гештальных или коэффициентных сравнений многомерных альтернатив на попарное, рейтинговое сравнение отдельных сторон изучаемых альтернатив, что значительно корректнее и легче практически.

При этом технология получения и обработки экспертных суждений организована таким образом, что сводит фактор влияния непрофессионального субъективизма к минимуму.

Указанные преимущества метода анализа иерархий позволяют выбрать его в качестве методологической основы для решения искомой задачи управления опциональными инвестиционными проектами. Применение MROV-метода может быть осуществлено вполне корректно, прозрачно и осмысленно.

### **Методика управления эффективностью инвестиционных проектов на базе теории реальных опционов и МАИ**

Алгоритм реализации MROV-метода предполагает применение МАИ для определения соотношения относительных вероятностей реализации проекта по оптимистическому и пессимистическому прогнозу в биномиальной модели опционального инвестиционного проекта. При этом в качестве оптимистического варианта рассматривается рост цены базового актива по проекту, т. е. денежного потока, в качестве пессимистического – падение цены базового актива.

Для реализации данного метода целесообразно участие двух групп экспертов:

1. Первая группа экспертов занимается разработкой самого проекта, построением дерева решений, оценкой денежных потоков, которые могут быть получены от реализации проекта по каждому из возможных вариантов его развития, т. е. построением оптимистического и пессимистического прогнозов;
2. Вторая группа экспертов создается с целью проведения экспертизы проекта методом анализа иерархий.

На **первом** этапе руководством компании принимается решение о необходимости разработки и реализации инвестиционного проекта, формируется команда проекта. Определяется наличие у проекта опциональных характеристик или возможности встроить в проект реальные опционы с целью обеспечения гибкости принятия решений на последующих этапах его реализации и увеличения эффекта, который может быть получен от проекта.

На **втором** этапе выполняется формирование списка реальных опционов, их взаимодействия и последовательности включения в проект.

На **третьем** этапе весь срок проекта разбивается на интервалы и строится биномиальное дерево решений с возможностью принятия решения на любом этапе реализации проекта. Оцениваются денежные потоки для каждой ветки дерева решений.

На **четвертом** этапе для выделенной оцениваемой опциональной ветви строится иерархическая модель с выделением значимых макро- и микроэкономических критерияльных переменных, способных оказать влияние на реализацию данного проекта по одному из альтернативных вариантов.

Иерархическая модель оценки любого реального опциона в обобщенном виде может быть представлена следующим образом (рис. 2).

На первом уровне иерархии находится наиболее важный критерий, способный оказать влияние на соотношение вероятностей реализации оптимистического и пессимистического прогноза (фактор первого уровня). Изменение данного критерия в лучшую или худшую сторону зависит от макро- и микроэкономического окружения проекта. Причем для каждого проекта специфичны не только микроэкономические, но и макроэкономические факторы, которые представлены на втором уровне иерархии.

Для реального инвестиционного проекта иерархия будет индивидуальна и может иметь сколько угодно уровней критериев и количество критериев.

Каждый из критериев второго уровня оказывает влияние на критерий первого уровня в различной степени. Поэтому на следующем, **пятом**, этапе с помощью МАИ путем попарного сравнения степени влияния выделенных критериев на стоимость

денежных потоков от проекта экспертами определяется их относительная значимость – сравнительная важность анализируемых критериев на исход реализации какого-либо этапа проекта.

Для определения сравнительной важности анализируемых критериев на исход реализации какого-либо этапа проекта в рамках MROV-метода следует воспользоваться разработанной автором шкалой, представленной в табл. 3.

Данная шкала получена на основе известной шкалы отношений Т. Саати, в которой оценивается сравнительный вклад действий в достижение цели. В разработанной автором шкале в качестве цели рассматривается результат (или исход) определенного этапа проекта, в качестве действий – критерии, которые оказывают влияние на результат в различной степени, поэтому в полученной шкале осуществляется сравнение относительного вклада различных

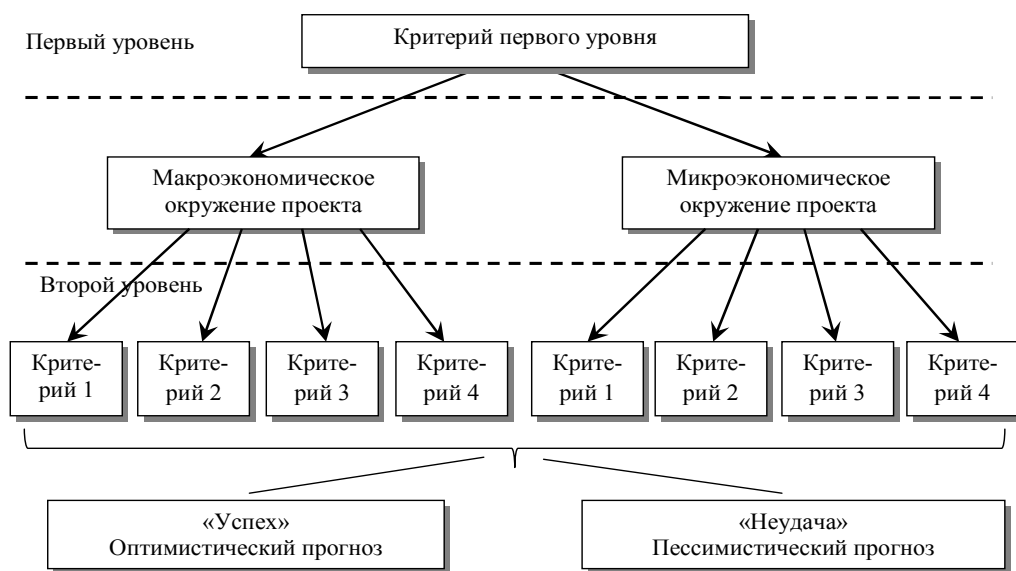


Рис. 2. Иерархическая структура критериев опционального инвестиционного проекта

критериев в исход реализации конкретного этапа проекта.

В рамках технологии МАИ использование приведенной шкалы для парного сравнения критериев позволяет количественно оценить их сравнительную значимость. При этом замечательной особенностью метода является то, что ответы на эти вопросы не требуют предварительного количественного анализа, а отражают сравнительные ранговые суждения эксперта.

Результаты сравнений в виде натуральных чисел от 1 до 9 заносятся в матрицы

попарных сравнений. После обработки полученных данных, определяются относительные оценки значимости критериев:  $a_1, a_2, a_3, a_4, \dots$  и т. д.

Важно отметить, что предлагаемый метод позволяет не только минимизировать ошибки субъективизма, но и оценить степень согласованности суждений и профессионализма экспертов. С этой целью необходимо проверять согласованность суждений эксперта по критерию относительной согласованности (ОС). Приемлемым является значение ОС около 10 % или менее.

Таблица 3

Шкала относительной важности критериев

Интенсивность относительной важности	Определение	Объяснения
1	Равная важность	Равный вклад двух критериев в исход этапа
3	Умеренное превосходство одного над другим	Легкое превосходство одного критерия над другим
5	Значительное превосходство	Превосходство одного критерия над другим настолько значимо, что требует внимания
7	Сильное превосходство	Значимость одного критерия относительно другого настолько велика, что второй критерий становится практически незначительным в определении исхода этапа проекта
9	Очень сильное превосходство	Очевидность превосходства одного критерия над другим подтверждается наиболее сильно
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями	Применяются в компромиссном случае
Обратные величины	Если при сравнении одного критерия с другим получено одно из вышеуказанных чисел (например, 3), то при сравнении второго критерия с первым получим обратную величину (т. е. 1/3)	

В противном случае качество суждений следует улучшить.

На **шестом** этапе сравниваются возможные альтернативы по каждому из критериев иерархической структуры. Для определения экспертных оценок сравнительной вероятности альтернатив роста и падения цены базового актива (денежных потоков проекта) необходимо проводить попарное сравнение сценариев по отдельным критериям с позиции «более вероятно – менее вероятно» с учетом динамики изменения критериев.

Исход реализации конкретного этапа проекта, на котором происходит «решение судьбы» какой именно вариант выпадет, в первую очередь зависит от глобального критерия первого уровня, точнее его критериальной динамики. А вклад в динамику изменения данного критерия оказывают критерии низших уровней в различной степени, относительные оценки значимости которых были получены на предыдущем этапе.

Динамика критерия любого уровня может быть положительной для реализации опциона, либо негативной – в этом случае происходит отказ от исполнения опциона. При этом положительная динамика критерия означает рост цены базового актива, т. е. денежного потока по проекту, а негативная динамика соответственно падение цены базового актива.

Для того чтобы оценить динамику критерия необходимо определить некоторую базовую величину данного критерия  $X = X_0$ , относительно которой будет осуществляться сравнение альтернатив (рис. 3).

В качестве такой базовой величины выступает некоторая граница критерия, и если значение критерия оказывается выше этой границы, то приростные денежные потоки от проекта способны покрыть затраты, связанные с приобретением и реализацией опциона (оптимистический прогноз). В противном случае величина приростных денежных потоков от проекта окажется недостаточной для покрытия затрат, связанных с опционом, и от его реализации лучше отказаться (пессимистический прогноз).

На рис. 3 кружочком обозначено «решение судьбы», и выделены две альтернативы:

1. Оптимистический прогноз (вероятность  $p_1$ ) – величина рассматриваемого критерия оказывается выше (лучше) базового значения  $X_1 > X_0$ , это означает рост цены базового актива, т. е. денежного потока по проекту в результате исполнения опциона;

2. Пессимистический вариант (вероятность  $p_2$ ) – величина критерия ниже (хуже) базового значения  $X_2 < X_0$ , в этом случае цена базового актива падает, следовательно, от исполнения данного опциона следует отказаться.

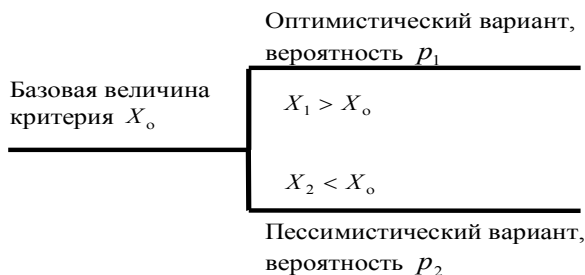


Рис. 3. Соотношение вероятностей альтернатив

Для оценки альтернатив необходимо воспользоваться тем же способом, что и при определении важности критериев.

При сравнении альтернатив исхода этапа по каждому из критериев используется модифицированная шкала относительной вероятности реализации альтернатив с позиций динамики изменения отдельных критериев, которая представлена в табл. 4.

После обработки данных, полученных от экспертов, получаем количественные

значения оценок приоритетов каждой из альтернатив относительно критериев, обозначим их как  $x_{i1}$ ,  $x_{i2}$ ,  $x_{i3}$ ,  $x_{i4}$  и т. д.

На основе полученных результатов определяются ранговые оценки вероятностей развития проекта по какому-либо сценарию в каждом узле биномиального дерева решений. Модель определения количественных значений относительных вероятностей развития проекта по оптимистическому или пессимистическому сценарию

Таблица 4

Шкала относительной вероятности реализации альтернатив с позиций динамики изменения отдельных критериев

Интенсивность относительной вероятности	Определение	Объяснения
1	Равная вероятность	Равная вероятность реализации сравниваемых сценариев (критериальная тенденция сохраняется)
3	Умеренное превосходство одного над другим	Легкое превосходство вероятности реализации одного сценария над другим (критериальная тенденция одного сценария незначительно превосходит тенденцию второго критерия)
5	Существенное или сильное превосходство	Сильное превосходство вероятности реализации одного сценария над другим (критериальная тенденция одного сценария более сильная, чем второго)
7	Значительное превосходство	Вероятности реализации одного сценария придается настолько сильное превосходство, что вероятность реализации второго сценария становится практически незначительной (критериальная тенденция одного сценария значительная, а второго слабо выраженная)
9	Очень сильное превосходство	Очевидность превосходства вероятности реализации одного сценария над другим подтверждается наиболее сильно (критериальная тенденция одного сценария очень сильная, а второго несущественная, т. е. практически отсутствует)
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения	Применяются в компромиссном случае
Обратные величины	Если при сравнении одного сценария с другим получено одно из вышеуказанных чисел (например, 3), то при сравнении второго сценария с первым получим обратную величину (т. е. 1/3)	



является линейной аддитивной моделью, которая представлена формулой (5):

$$p_i = a_1 \cdot x_{i1} + a_2 \cdot x_{i2} + a_3 \cdot x_{i3} + a_4 \cdot x_{i4} + \dots, \quad (5)$$

где  $p_i$  – ранговая оценка вероятности развития проекта по  $i$ -му сценарию (оптимистическому или пессимистическому);

$a_1, a_2, a_3, a_4 \dots$  – оценки приоритетов влияния критериев на исход реализации оцениваемого этапа проекта;

$x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}$  – оценки приоритетов  $i$ -й альтернативы относительно соответствующих критериев.

В результате проведения экспертизы МАИ на основании формулы (5) получаем ранговые оценки относительных вероятностей реализации проекта по оптимистическому сценарию ( $p_1$ ) и пессимистическому ( $p_2$ ).

Оценка проводится в каждом узле биномиального дерева решений, при этом иерархическая структура критериев может быть индивидуальна для каждого узла и иметь сколько угодно уровней и критериев.

На заключительном этапе осуществляется принятие решения о целесообразности реализации проекта, основанное на расчете чистой приведенной стоимости проекта, которая может быть получена последовательным дисконтированием взвешенных стоимостей величин денежного потока по проекту, в качестве весов при этом используются ранговые оценки вероятностей, полученные в ходе экспертизы по МАИ.

Схематическое изображение описанного алгоритма реализации MROV-метода представлено на рис. 4.

#### Анализ результатов и основные выводы

Для обеспечения устойчивого экономического развития предприятия, поддержания конкурентоспособности в условиях финансово-экономических кризисов, в условиях неопределенности задача корректной оценки и управления эффективностью реальных инвестиций становится еще более актуальной. Вместе с этим повышается актуальность проектно-опционного управления, т. е. управления, основанного на учете позитивной составляющей неопределенности и априорном формировании необходимой гибкости в принятии решений в условиях постоянно меняющейся среды.

Для адекватного адаптивного управления эффективностью инвестиционных проектов разработан метод, основанный на использовании концептуальных основ теории реальных опционов и метода анализа иерархий для обеспечения его практической применимости.

Предложенный в работе подход позволяет корректно реализовать методологические идеи опционального подхода к разработке и анализу инвестиционных проектов, учитывая не только связанные с неопределенностью риски, но и встраивая в проект опционы реализации обусловленных неопределенностью позитивных возможностей развития проекта.

#### Список использованных источников

1. Вайн С. Опционы: Полный курс для профессионалов. М.: Альпина Паблишер, 2015. 438 с.
2. Галанов В.А. Производные инструменты : учебник. М.: Инфра-М, 2014. 208 с.
3. Дамодаран А. Инвестиционная оценка: Инструменты и методы оценки любых активов / пер. с англ. М.: Альпина Паблишер, 2015. 1316 с.
4. Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках : учеб.-практ. пособие. М.: Юрайт, 2010. 496 с.
5. Липсиц И.В., Косов В.В. Экономический анализ реальных инвести-

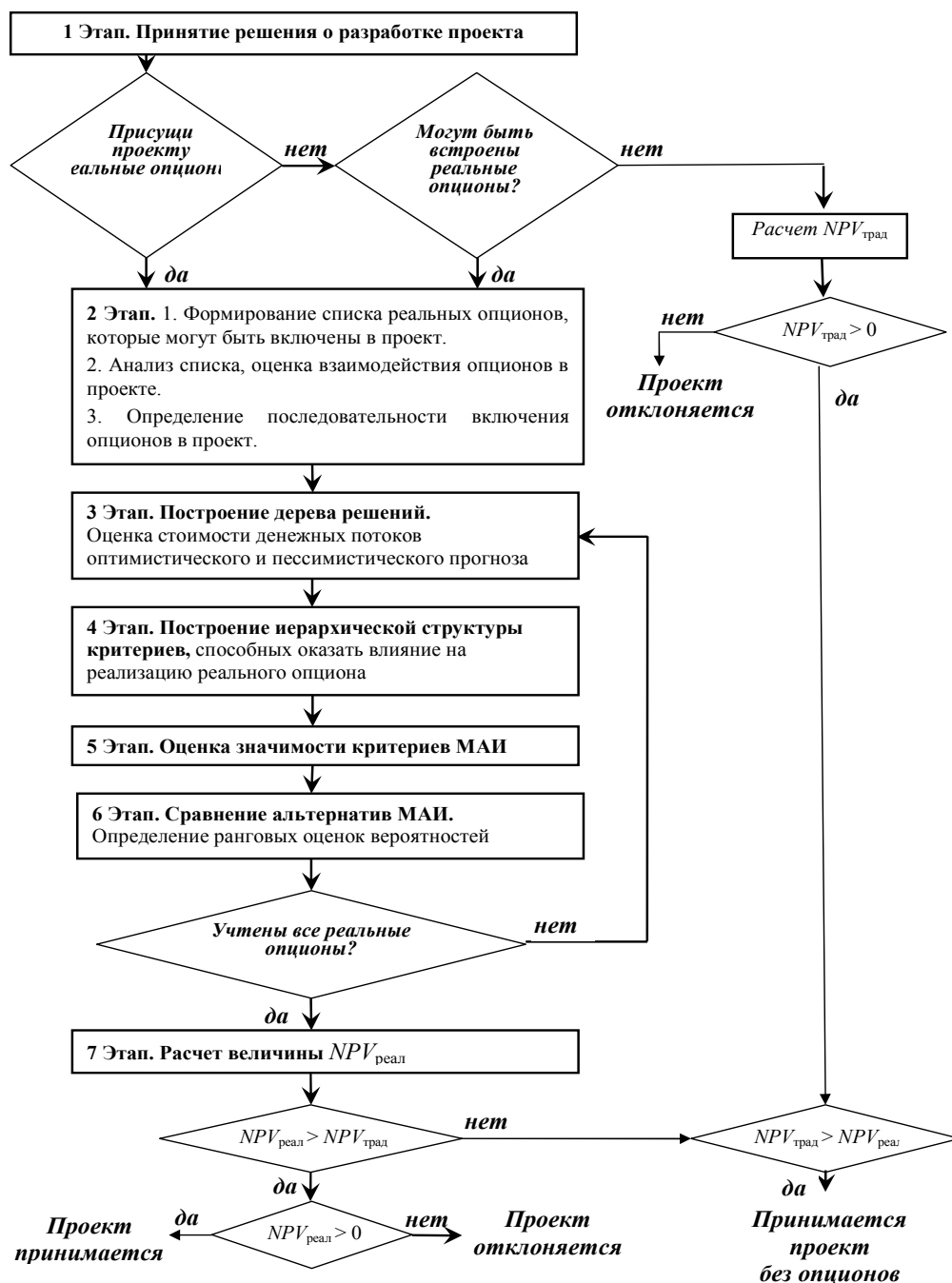


Рис. 4. Алгоритм оценки проекта MROV-методом

- ций. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Магистр, 2010. 383 с.
6. Брусланова Н. Оценка инвестиционных проектов методом реальных опционов // Финансовый директор. 2004. № 7-8. С. 13–20.
  7. Бухвалов А.В. Реальные опционы в менеджменте: введение в проблему // Российский журнал менеджмента. 2004. № 1. С. 3–32.
  8. Коупленд Т., Островски Т. Скрытый потенциал капиталовложений // Вестник McKinsey. 2002. № 2. С. 113–132.
  9. Boyle P. A Lattice Framework for Option Pricing with Two State Variables // Journal of Financial and Quantitative Analysis. 1988. Vol. 23, No 1. P. 1–12.
  10. Copeland T., Keenan Ph. Making real options real // The McKinsey Quarterly. 1998. No 3. P. 128–141.
  11. Borison A. Real options analysis: Where are the emperor's clothes? // 7th Annual International Conference on Real Options. Washington, DC, 2003.
  12. Geske R. The Valuation of Compound Options // Journal of Financial Economics. 1979. Vol. 7, Is. 1. P. 63–81.
  13. Kamrad B., Ritchken P. Multinomial Approximating Models for Options with k-State Variables // Management Science. 1991. Vol. 37, Is. 12. P. 1640–1652.
  14. Stulz R.M. Options on the Minimum or the Maximum of Two Risky Assets // Journal of Financial Economics. 1982. Vol. 10, No 2. P. 161–185.
  15. Trigeorgis L. Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. Cambridge: MIT Press, 1996. 427 p.
  16. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов / пер. с англ. Н. Барышниковой. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2010. 1008 с.
  17. Copeland T., Keenan Ph. How much is flexibility worth? // The McKinsey Quarterly. 1998. No 2. P. 38–49.
  18. Руководство к своду знаний по управлению проектами (руководство РМВОК). 4-е изд. 2010. 496 с.
  19. Баев Л.А. Основы анализа инвестиционных проектов. Челябинск: «Каменный пояс», 2007. 272 с.
  20. Бирман Г., Шмидт С. Капиталовложения. Экономический анализ инвестиционных проектов : учеб. для вузов / под ред. Л.П. Белых. М.: ЮНИТИ – Дана , 2003. 631 с.
  21. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. М.: Радио и связь, 1993. 278с.
  22. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении: учебник. М.: Дело, 2002. 440 с.

**Baev L.A.***South Ural State University,  
Chelyabinsk, Russia***Egorova O.V.***South Ural State University,  
Chelyabinsk, Russia*

## **METHOD OF CONTROL OF EFFICIENCY OF INVESTMENT PROJECTS BASED ON REAL OPTION THEORY AND METHOD OF ANALYSIS OF HIERARCHIES**

**Abstract.** The article is devoted to the development of a method for valuation and control of the efficiency of investment projects under conditions of high uncertainty. The limitations of the traditional valuation methods of the efficiency of investment projects are highlighted and a more relevant approach through the application of real option theory is proposed that allows for evaluating a project based on its multivariance and the possibility of decision making at every stage of its development. The article shows that, despite the high relevance of the real options theory, its practical use is very difficult for a number of reasons. The main problem of estimating the value of real options is the need to use in the calculation a sufficient number of a priori statistics regarding the project, which is unfeasible. The authors propose a method in which the probabilistic characteristics of the model project are replaced with correct expert ratings. The method is referred to as the modified ROV-method (MROV). This method is based on the binomial model of assessing the value of real options by building a decision tree. At each node of the tree the project might develop in line with an “optimistic” or “pessimistic” forecast. Since the development of the project under any scenario depends on a number of criteria of the environment, the task of assessing the value of real options becomes a multicriteria one. One of the most sound and practically relevant methods of solving such problems is the method of analytic hierarchy process, which is the basis of the developed MROV method. The article also details the algorithm of implementing this method to determine quantitative estimates of the relative probabilities of the development of the project on “optimistic” or “pessimistic” scenarios in each node of the binomial tree. The resulting estimates subsequently used as weights in the calculation of the net present value of the optional investment project for a decision on the feasibility of its implementation and inclusion of the real options being evaluated in the project.

**Key words:** investment; uncertainty; real options; management; efficiency; multicriteriality; the probability.

### **References**

1. Vine, S. (2005). *Options: Trading Strategy and Risk Management*. Wiley.
2. Galanov, V.A. (2014). *[Derivatives]*. Moscow, Infra-M.
3. Damodaran, A. (2012). *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of any Asset*. Wiley.
4. Limitovskii, M.A. (2010). *[Investment projects and real options in developing markets]*. Moscow, Iurait.
5. Lipsits, I.V., Kosov, V.V. (2010). *[Economic analysis]*

- of real investment]. Moscow, Magistr.
6. Bruslanova, N. (2004) [Valuation of investment projects using real options method]. *Finansovyi direktor [Financial director]*, 2004, No 7-8, 13–20.
  7. Bukhvalov, A.V. (2004). [Using Real Options in Management: An Introduction]. *Rossiiskii zhurnal menedzhmenta [Russian management journal]*, No 1, 3–32.
  8. Copeland, T., Ostrowski, K. (1993). The Hidden Value of Capital Efficiency. *The McKinsey Quarterly*, No 2.
  9. Boyle, P. (1988). A Lattice Framework for Option Pricing with Two State Variables. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 23, No 1, 1–12.
  10. Copeland, T., Keenan, Ph. (1998). Making real options real. *The McKinsey Quarterly*, No 3, 128–141.
  11. Borison, A. (2003). Real options analysis: Where are the emperor's clothes? In *7th Annual International Conference on Real Options*. Washington, DC.
  12. Geske, R. (1979). The Valuation of Compound Options. *Journal of Financial Economics*, Vol. 7, Issue 1, 63–81.
  13. Kamrad, B., Ritchken, P. (1991). Multinomial Approximating Models for Options with k-State Variables. *Management Science*, Vol. 37, Issue 12, 1640–1652.
  14. Stulz, R.M. (1982). Options on the Minimum or the Maximum of Two Risky Assets. *Journal of Financial Economics*, Vol. 10, No 2, 161–185.
  15. Trigeorgis, L. (1996). *Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. Cambridge, MIT Press, 427.
  16. Brealey, R., Myers, S. (2010). *Principles of Corporate Finance*. McGraw-Hill/Irwin.
  17. Copeland, T., Keenan, Ph. (1998). How much is flexibility worth? *The McKinsey Quarterly*, No 2, 38–49.
  18. A Guide to Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). 4<sup>th</sup> edition.
  19. Baev, L.A. (2007). *[Fundamentals of investment project analysis]*. Chelyabinsk, Kamennyi poias.
  20. Bierman, H., Smidt, S. (2006). *The Capital Budgeting Decision: Economic Analysis of Investment Projects*. Routledge.
  21. Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York, McGraw-Hill.
  22. Shikin, E.V., Chkhartishvili, A.G. (2002). *[Mathematical methods and models for management]*. Moscow, Delo.

### Information about the authors

**Baev Leonid Aleksandrovich** – Doctor of Economics, Professor, Head of Economics and Project Management Department, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia (454080, Chelyabinsk, Pr. Lenina, 76); e-mail: baevla@mail.ru.

**Egorova Olga Vyacheslavovna** – Senior Lecturer, Economics and Project Management Department, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia (454080, Chelyabinsk, Pr. Lenina, 76); e-mail: ove.07@mail.ru.